Zeitschrift: Protar

Herausgeber: Schweizerische Luftschutz-Offiziersgesellschaft; Schweizerische Gesellschaft der Offiziere des Territorialdienstes

Band: 2 (1935-1936)

Heft: 8

Artikel: Chemische Friedensindustrie und Gaschemie [Fortsetzung]

Autor: Volkart, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-362477

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Chemische Friedensindustrie und Gaschemie

Von Dipl. Ing. chem. W. Volkart, Zurich

Fortsetzung aus No. 6, Seite 117

Die beiden Kampfstoffe *Diphenylarsinchlorid* und *-cyanid* (Chlorarsinkampfstoffe = Clark I und II) lassen sich im Laboratorium zwar einfach aus Chlorbenzol und Arsentrichlorid darstellen, werden aber in der Technik auf kompliziertere Weise aus Anilin über Diazoniumchlorid als Zwischenprodukt gewonnen. Dieser Weg ist insofern sehr verständlich, als das Diazoniumchlorid ebenfalls ein wichtiges Zwischenprodukt für die Azofarbstoffe darstellt und infolgedessen in jeder Farbenfabrik in reichlichem Masse vorhanden ist. Bekannte Azofarbstoffe sind Anilingelb, Chrysoidin, Methylorange, Metanilgelb u. a. m. Clark I ist seit 1881 bekannt.

Für den dritten Blaukreuzkampfstoff, den *Adamsit*, der 1915 von Bayer-Leverkusen zum Patent angemeldet, aber erst 1918 von den Amerikanern als Gaskampfstoff vorgesehen wurde, ist die Darstellung eine wesentlich einfachere; sie geht von Diphenylamin aus, das mit Arsentrichlorid erhitzt wird. Diesem Diphenylamin begegnen wir auch bei den Azofarbstoffen, z. B. in dem Tropaeolin-Orange IV, einer Wollfarbe, ebenso aber auch bei der Herstellung des rauchlosen Pulvers.

Wir kommen damit zu den erstickenden Kampfstoffen, den *Lungengiften* oder *Grünkreuzkampfstoffen*. Der erste Vertreter dieser Gruppe war das Chlor, das bereits hinreichend besprochen worden ist. Es wurde im Weltkrieg mit Phosgen durch die Franzosen beantwortet, dem darauf der deutsche Perstoff folgte.

Phosgen ist ein äusserst einfacher Stoff, der sich aus Chlor und Kohlenoxyd unter starker Lichtwirkung bildet. Die Wirkung des Sonnenlichtes kann durch die katalytische Wirkung aktiver Kohle (Gasmaskenfiltersubstanz) ersetzt werden. Bereits seit 120 Jahren bekannt, hat auch wieder die Farbenindustrie sich diesen Stoff zunutze gemacht. So z. B. wird das Kristallviolett (Violett 6 B, ein Teerfarbstoff) durch Einwirkung von Phosgen auf Dimethylanilin erhalten; ebenso baut sich das Viktoriablau auf Phosgen auf. Wie alle Säurechloride, ist das Kohlenoxychlorid ausserordentlich reaktionsfähig und wird deshalb in der chemischen Industrie in grossen Mengen als Zwischenprodukt verwendet. In geringerem Masse finden wir es in der Sprengstoffindustrie. Leitet man Phosgen in trockenen Methylalkohol und behandelt man das Produkt (Chlorameisensäuremethylester) weiter mit Chlor, so gelangt man zum *Perstoff*.

Die Deutschen hatten ihr Phosgen zum Teil auf Perstoff weiter verarbeitet, weil es bei gleichbleibender Wirkung geringere Flüchtigkeit erhält, was für viele Zwecke des Gaskampfes sehr erwünscht war. Die Industrie des Anilinvioletts — Methyl- und Kristallviolett — hat eigentlich direkt die Perstoffherstellung veranlasst: Einerseits wird, wie schon erwähnt, das Phosgen zur Synthese des Kristallvioletts verwendet, anderseits hat gerade das Anilinviolett die Industrie des Methylalkohols geschaffen, indem das Anilin in der Industrie durch Salzsäure und Methylalkohol in Dimethylanilin übergeführt wird. Wir haben hier also als Aufbauprodukte des Perstoffs gerade zwei Bausteine, zu denen sich als dritter dann das bekannte Chlorgas gesellt. Für den Methylalkohol ist das Holz das Ausgangsprodukt. Ausser zum angeführten Zweck wird er für Lacke und Firnisse verwendet und dient zur Herstellung des Formaldehyds.

Das *Chlorpikrin*, in seiner Wirkung auf Augen und Atmungsorgane schon seit 1848 bekannt, wurde im Krieg viel gebraucht, weil es der Zersetzung durch Wasser unter allen Gaskampfstoffen am meisten widersteht und in chemischer Beziehung überhaupt am konstantesten ist. Seine Herstellung erfolgt durch Behandlung der Pikrinsäure mit Chlorkalk. Das eine Aufbauprodukt ist also der Chlorkalk, der bereits schon näher erwähnt wurde, das andere ist die Pikrinsäure. Diese ist die Vorgängerin des «Trotyl»-Sprengstoffs und hat eigentlich die Technik der Brisanzgranaten geschaffen. Die gegen Stoss unempfindlichen Sprengmassen: Melinit, Lyddit, Ekrasit, Schimose und alle Pikrinsäure-Explosivstoffe. Obwohl die Pikrinsäure als solche bereits hundert Jahre bekannt ist, wurde sie als Explosivstoff erst vor etwa fünfzig Jahren entdeckt. Nebenbei fand sie als gelber Farbstoff für Seide Verwendung. Dargestellt wird sie aus reinem Phenol und Salpetersäure, also aus zwei sehr häufig gebrauchten Chemikalien. Chlorpikrin scheint vielerorts schon ziemlich aufgegeben zu sein.

Methyldichlorarsin und *Aethyldichlorarsin* (Dick) sind zwei durchaus hochwertige Gaskampfstoffe, die auch in Zukunft eine grosse Rolle spielen werden. Das Dick ist bereits im Weltkriege von den Deutschen mit gutem Erfolg eingesetzt worden, während die Methylverbindung noch als sogenannter «Nachkriegskampfstoff» bezeichnet wird, aber doch schon seit 1858 bekannt ist. Ihre Eigenschaft, im ersten Augenblick höchste Reizwirkung zu entfalten und sofort stundenlange Kampfunfähigkeit bei den Betroffenen hervorzurufen, lässt sie als Ueberfallskampfstoffe bevorzugen.

Die Herstellung beider ist einfach; technisch geht sie aus von Methylsulfat bzw. Chloräthyl und dem bereits bekannten Natriumarsenit. Methylschwefelsäure hat Methylalkohol und

Schwefelsäure, Chloräthyl in analoger Weise Aethylalkohol und Chlor zu Ausgangsprodukten. Von sich aus haben Methylsulfat und Chloräthyl wenig selbständige Bedeutung: das erstere liefert durch Vakuumdestillation das bekannte, auch im Gaskrieg zur Verwendung gekommene Dimethylsulfat und das Chloräthyl kann sich als Lokalanästhetikum eignen. Der Aethylalkohol ist der gewöhnliche Alkohol des Handels und wird aus stärkehaltigen Rohstoffen (Kartoffeln, Mais, Zuckerrüben etc.) hergestellt. Dann wird er weiter raffiniert zu 96prozentigem Produkt. Kurz vor dem Krieg erzeugte Deutschland 3,8 Millionen Hektoliter, Frankreich 3,2 Millionen Hektoliter, Russland 5,6 Millionen Hektoliter, Oesterreich 3 Millionen Hektoliter, England 1,2 Millionen Hektoliter usw. Dies nur zur Illustration der Verbreitung und Grösse dieser Industrie. Für gewerbliche Zwecke dient der Alkohol als Brennsprit, für Essigsäure, Aether, Lacke, Lackfarben, Teerfarben, Sprengstoffe, Parfümerien, pharmazeutische Präparate usw., als Rohstoff und als Lösungsmittel. Die Zelluloidfabrikation braucht den Alkohol zur Ausdeckung und Verschleimung der Kollodiumwolle; ebenso ist die Kunstseideindustrie auf ihn angewiesen. Das beweist also, dass eine überaus grosse Zahl von Fabrikationszweigen im Kriege sofort in der Lage wäre, auf die einfache Herstellung des betreffenden Kampfstoffes sich umzustellen. Ueber den Methylalkohol wurde bereits gesprochen.

Das *Dichlordiäthylsulfid* oder *Senfgas* kennt zwei Herstellungsverfahren, die beide von Aethylengas ausgehen. Das direkte Verfahren ist eine Vereinigung von Aethylen und Chlorschwefel; das andere gelangt mit den weiteren Grundstoffen — unterchlorige Säure, Schwefelnatrium und Chlorwasserstoff — über das Glykolchlorhydrin und das Thiodiglykol zum Endprodukt. Nach dem direkten Verfahren wurde das Senfgas bereits im Jahre 1860 dargestellt. Das indirekte und technisch auch angewandte Verfahren geht über Zwischenprodukte, die auch der Gewinnung von künstlichem Indigo dienen. Wer also über die fabrikmässige Herstellung dieses wohl berühmtesten Teerfarbstoffes verfügt, ist ohne grosse Umstellung in der Lage, auch den wichtigsten Gaskampfstoff zu fabrizieren. Dass die Synthese des künstlichen Farbstoffes eine Entwertung des Naturstoffes und einen Rückgang der Kulturen zur Folge hatte, beweist den hohen Wert dieser Industrie.

Das Schwefelnatrium, das zum Aufbau des Dichlordiäthylsulfids gebraucht wird, wird im grossen für die Schwefelfarbenfabrikation benötigt, dient ferner in der Kunstseidefabrikation und in der Gerberei als Enthaarungsmittel. Die Schwefelfarbstoffe sind Baumwollfarbstoffe, welche ohne Beizen färben; ausser Schwarz und Blau sind braune, gelbe und grüne Farbtöne vorhanden.

Der zweite Gaskampfstoff der Hautgiftgruppe ist der *Lewisit*-Chlorvinylarsindichlorid. Er entsteht durch Anlagerung von Azetylen an Arsentrichlorid; es besteht demnach zwischen dem Lewisit und dem Methyl- bzw. Aethylarsindichlorid insofern eine grosse Aehnlichkeit, als beide Stoffe aus einer Vereinigung des Arsentrichlorids mit einer aliphatischen Kohlenstoffgruppe gebildet werden. Dies entspricht auch ihren Wirkungsweisen, indem auch die beiden schon besprochenen Stoffe als Flüssigkeit auf die Haut einwirken. Die Reizwirkung auf die Schleimhäute des Rachens und die Giftigkeit für die tieferen Atmungsorgane sind aber dort viel überwiegender und charakteristischer, so dass ihre Einteilung zu den Grünkreuzkampfstoffen erklärlich ist. Beim Lewisit ist es dagegen umgekehrt; hier tritt die Reizung der Augen und Atemwege hinter die Hautwirkung zurück.

Das Azetylen entsteht bei der trockenen Destillation zusammengesetzter organischer Verbindungen und findet sich daher in Leuchtgas, dem Destillationsprodukt der Steinkohlen. Technisch hat das Azetylen denselben Grundstoff wie der Kalkstickstoff, nämlich das Kalziumkarbid, das durch Zusammenschmelzen von gebranntem Kalk und Kohle erhalten wird und in Unmengen für diesen Stickstoffdünger verwendet wird.

Es hat absolut seine Berechtigung, nur die im Kriege verwendeten Gaskampfstoffe als Grundlage für unsere Betrachtungen anzunehmen. Wenn auch immer wieder von Gaskampfstoffen gesprochen und geschrieben wird, welche ganz anders als die bekannten sein und in ihrer Wirksamkeit alles Dagewesene weit in den Schatten stellen sollen, so besteht dort die wissenschaftliche Tatsache, dass es sich auch bei den neuartigen chemischen Stoffen um Abkömmlinge der aromatischen oder aliphatischen Kohlenwasserstoffe handelt. Man hat schon gehört von Stoffen wie Kakodylcyanid, Diäthyltellur, Diäthylblei, Tetraäthylblei, Dimethylcyanarsin. Alle sind Angehörige der aliphatischen Reihe. Die Versuche, etwas anderes zu schaffen, müssen sich darauf beschränken, die altbekannten Stoffe zu verbessern, z. B. dadurch, dass an Stelle des Arsens der Schwefel, oder an Stelle einer gesättigten Kohlenwasserstoff-Reihe das ungesättigte Analogon, z. B. Aethyl : Vinyl, oder dass statt der Aethyl- eine Methylgruppe, statt dem Chlor das Brom eingeführt wird. Diese Versuche sind sehr zahlreich, bedeuten aber nichts Neues. Und meistens ist es bei diesen Substitutionen dann noch so, dass die Stärkung der gewünschten Eigenschaft wohl gelungen ist, aber nur auf Kosten einer anderen, die sich dadurch verschlechtert hat.

Aus den angeführten Beispielen lässt sich schon zur Genüge die innige Verkettung der Friedens- und Kriegschemie erkennen. Noch weiter in Einzelheiten zu gehen, erübrigt sich daher. Man kann sich eigentlich kaum ein Erzeugnis der Friedensindustrie vorstellen, das nicht nähere Verbindung wenigstens zu einem Baustein irgendeines wir-

kungsvollen Gaskampfstoffes oder sogar zum Gaskampfstoff selbst hätte. Nehmen wir z. B. die Seide oder Baumwolle unserer Kleider, die Watte oder das Papier: durch Behandlung mit konzentrierter Salpetersäure entstehen daraus die verschiedenen Arten Schiessbaumwolle. Die Farben, mit denen unsere Stoffe, Papiere usw. gefärbt werden, sind Teerfarben und bauen sich auf Stoffe auf, die auch der Grosszahl der Gaskampfstoffe als Bausteine dienen. — Das Phosgen gibt mit Ammoniak den Grundstoff der pharmazeutischen Schlafmittel (Hypnotika), die täglich in grossen Mengen gebraucht werden, und ist ferner Aufbauprodukt synthetischer Riechstoffe. — Die harmlose Leuchtgasfabrikation geht von Rohprodukten aus, die den Weg zum Grossteil der organischen Chemie und Technik weisen, den Grundstock für fast alle Gaskampfstoffe bilden und weiter Halbfabrikate liefern, die auch wieder für die Kriegsstoffe Dienste leisten. Schauen wir in die Nahrungsmittelindustrie, so haben wir ein ähnliches Bild: das Kochsalz, der Rohstoff für eine Reihe anorganisch-chemischer Grossindustrien, ein unentbehrliches Agens in der Metallurgie und Farbenindustrie, ist die rentabelste Chlorquelle. Die Rohzuckerfabrikation zeigt den Weg zu den Cyankampfstoffen usw.

Diese Aufzählung braucht nicht weiter fortgeführt zu werden. Ist sie ja doch nur eine Zusammenstellung der vorher analysierten wissenschaftlichen Zusammenhänge. Es gibt keine reinliche Trennung: hie Friedensprodukt — hie Kriegsprodukt. Alles greift wie das feinste Räderwerk einer Präzisionsuhr eng ineinander und bildet demzufolge auch den schwachen Punkt jeder chemischen Weltabrüstung oder Rüstungskontrolle, so ernst sie schliesslich auch gemeint sein mögen.

Allerdings: so einfach die Zusammenhänge der verschiedenen Kampfstoffe mit den entsprechenden Friedensprodukten auch scheinen, so einfach die Synthesen der einzelnen Gaskampfstoffe sich auch ansehen, so ist doch noch eine gewaltige Aufgabe zu lösen, die chemischen Kriegsstoffe im industriellen Grossbetrieb zu erzeugen. Die Darstellung im kleinen deckt sich nicht selten mit der Herstellung im Grossbetrieb wenig, schon weil erstere weniger Gefahr mit sich bringt, dann aber auch, wie z. B. beim Senfgas, weil das Zwischenprodukt einer anderen Darstellungsmethode schon irgendwo in der Friedensindustrie zu anderen Zwecken erzeugt wird und dadurch der erst komplizierter erscheinende Weg doch einer Vereinfachung gleichkommt. Die Ausarbeitung geeigneter Schutzmassnahmen für die Fabrikbetriebe hat von jeher manche Nuss zu knacken gegeben, und so natürlich auch im kriegschemischen Dienst. Anderseits kommt es ja natürlich auch ganz darauf an, über welche chemische Produktionszweige, über welche Rohstoffe ein Staat verfügt. Die Kräfte des Landes müssen durch Spezialisierung konzentriert werden. Der einzige Stoff, der in einem für den Krieg nicht vorbereiteten Lande weniger Schwierigkeiten entgegensetzen dürfte, ist das Chlor, eventuell noch das Phosgen. Wenn diese Verbindungen auch nicht immer in den sofort benötigten Mengen zur Verfügung stehen, so ist die chemische Industrie bei ihnen doch am besten in der Lage, auf Grossbetrieb umzustellen, da es immerhin viel leichter ist, den schon vorhandenen Grossbetrieb zu vergrössern, als nur Laboratoriumspraxis in die Industrieherstellung umzusetzen. Eine Umstellung bei Kriegsbeginn wird aber in jedem Fall erforderlich sein, da der Kriegsbedarf z. B. an Phosgen nicht schon im Frieden vorgesorgt werden kann, weil die Friedensindustrie nur einen kleinen Teil desselben direkt verwenden könnte und eine Stapelung der kriegsnotwendigen Mengen nicht möglich ist. Die entscheidende Frage ist daher: Für welche Fabrikationsvergrösserung müssten die bestehenden Anlagen vorbereitet sein und wieviel Ausgangsprodukte, Material und Personal müssten für sofort mögliche Umstellung vorhanden sein? Wer will in Friedenszeiten diese Verhältnisse kontrollieren, wo die Rohstoffe allen möglichen anderen Erzeugnissen dienen können, die eben in Kriegszeiten der Fabrikation entzogen werden? Für Chlor und Phosgen muss die Aufstapelungsmöglichkeit verneint werden, dagegen steht einer solchen bezüglich der Bausteine, Kochsalz, Kohle, Kalk, und elektrischer Energie nichts im Wege. Haltbar sind die Gaskampfstoffe: Chlorpikrin, Perstoff, Senfgas, Dick. In Form des Perstoffs liesse sich auch das Phosgen lagern und nachher (allerdings ein teures Verfahren) zurückgewinnen. Die Arsinverbindungen (Blaukreuzkampfstoffe und Lewisit) lassen sich durch Vorratsmengen von Arsentrichlorid im Frieden schon gut vorbereiten. Wenn wir unter diesen Gesichtspunkten alle behandelten Gaskampfstoffe durchgehen und das Notwendigste bezüglich ihrer technischen Grossfabrikation und nicht nur in ihrem wissenschaftlich-technischen Zusammenhang mit den anderen chemischen Industrien, so kommen wir eigentlich trotzdem zu einem verblüffend einfachen Resultat: Wir brauchen 1. eine gut entwickelte Chlorindustrie, sei es nun, dass sie sich auf die Salzsäure des Soda- und Sulfatprozesses stützt, sei es, dass das Chlor und seine Produkte durch Elektrolyse von Kochsalz oder Chlorkalium gewonnen werden. Die Herstellung der auf Chlor aufbauenden Produkte, soweit sie nicht schon friedensmässig besteht, stösst auf keine allzugrossen Schwierigkeiten mehr; 2. eine Schwefelsäurefabrikation; wie Aetzkalk, ist die Schwefelsäure bekanntermassen eines der wichtigsten Halbfabrikate; 3. eine Steinkohlenteer-Destillationsanlage; darüber verfügt jedes Land mit gut entwickelter Farbenindustrie; 4. eine Ammoniak-Salpetersäureindustrie, die durch das Verfahren

der Verarbeitung des Luftstickstoffs wohl überhaupt keine Beschränkung des Ausgangsmaterials kennt; im übrigen lässt sich Salpetersäure auch aus Ammoniak gewinnen, das wiederum ein Produkt der Leuchtgasfabrikation ist; 3. und 4. ergeben Anilin, einen Grundstoff der Teerfarben-Industrie, Nitrobenzol, Pikrinsäure; 5. eine Alkoholdestillation, an denen so gut wie kein Land Mangel hat; 6. eine Arsenhütte zur Darstellung des Arsentrichlorid und damit der Arsinkampfstoffe.

Ein schwieriger Punkt in der Umstellung der chemischen Industrie auf Kriegsbetrieb ist, wegen der innigen Verkettung beider, schliesslich noch die letzte Entscheidung, wie die Rohmaterialien zu verteilen sind oder besser, welche Produkte für die Erzeugung wichtiger sind. Ein Beispiel haben wir bereits beim Azeton kennen gelernt, wo die Halogenazetone aufgegeben werden mussten wegen der Herstellung des Schiesspulvers, oder die Benzyl-Gaskampfstoffe wegen des Trotyls. Nun handelt es sich natürlich nicht immer nur um eine Entscheidung über die Wichtigkeit zweier Kriegsprodukte. Rohstoffe und Zwischenprodukte liegen im allgemeinen nur in beschränkten Mengen vor und können entweder z. B. nur für Kriegsprodukte oder nur für industrielle, auch lebenswichtige Friedensprodukte in Frage kommen. Musste doch z. B. während des Krieges auch der Fall entschieden werden, ob der Zucker zum Nahrungsmittel oder zum Sprengstoff, Glyzerin und anderen Kriegsprodukten gebraucht werden sollte.

Die vorliegende Besprechung der chemischen Gaskampfstoffe und der Beweis ihrer nahen Verwandtschaft zu Produkten unserer Friedensindustrie zeigt, dass die Herstellung und der Versand derselben oder wichtiger Halbfabrikate und Zwischenprodukte täglich vor sich gehen *muss*, soll nicht die gesamte Weltindustrie lahmgelegt werden; sie soll uns ferner beweisen, dass die chemischen Kampfstoffe gar nicht in besonderen Fabriken hergestellt zu werden brauchen, sondern auf alle chemischen Industriezweige sozusagen verteilt sind. Die chemische Industrie ist entschieden rascher und leichter auf Kriegsfabrikation umgestellt als z. B. eine Nähmaschinenfabrik auf Granatenzünder. Die innigste Verkettung der chemischen Friedensindustrie mit der Chemie der Gaskampfstoffe und umgekehrt ist eine Tatsache, die stets wird berücksichtigt werden müssen.

Etude physico-chimique des procédés d'obtention des nuages artificiels

Par Dr L.-M. Sandoz, ing. chim.

Suite du nº 6, page 114

Le principe consiste à envoyer dans l'atmosphère des vapeurs, des liquides ou des solides très finement pulvérisés et dispersés qui réagiront ou non par hydratation ou oxydation avec le milieu gazeux pour former des aérosols opaques. D'après ce principe on peut établir la classification suivante des procédés, classification qui donne toute satisfaction:

1º emploi de corps volatils que l'on fait sublimer, que l'on vaporise ou que l'on soumet à une distillation sèche;

2º formation de corps volatils et leur utilisation selon 1º;

3º formation de corps solides non volatils mais très finement divisés que l'on entraîne dans l'air au moyen d'un courant de gaz et qui réagissent ou non sur ce gaz.

Emploi de corps volatils.

Certains corps solides — tel l'anhydride sulfurique — possèdent à la témpérature ordinaire une forte tension de sublimation. On peut donc les volatiser au moyen d'un courant de gaz ou d'air, de préférence chaud, fourni soit par une source extérieure soit par réaction des vapeurs de ces corps avec certaines substances ne formant pas de résidus après réaction.

On obtient la vaporisation par pulvérisation d'un corps liquide volatil en l'expulsant sous pression à travers un orifice étroit, par exemple: chlorures de Sr, de Ti, de Si, solution de colorant dans un dissolvant volatil, etc. La plupart des corps volatils qu'on pulvérise, réagissent par hydratation avec l'humidité de l'air.

Pour former des fines gouttelettes qui constitueront le nuage, il y a alors avantage à combiner le jet de vapeur fumigène avec un jet de vapeur d'eau dans un récipient ad hoc, ou encore à expulser le produit au moyen de vapeur d'eau sous pression. On obtient aussi la vaporisation par chauffage de l'enceinte fermée qui contient le produit sous forme liquide ou solide.

On fond alors, dans ce cas, la substance solide et on crée dans l'enceinte une pression de vapeur interne. On décharge la substance par la pression de la vapeur. On injecte de la vapeur d'eau dans la substance pendant la décharge pour la pulvériser et la disperser dans l'atmosphère sous forme de nuage. Il arrive également que la substance ne soit pas volatile et que l'on obtienne une poussière très fine. On peut encore vaporiser un agent colorant par la chaleur mais sans qu'il se produise de combustion et éjecter la vapeur dans l'atmosphère ou bien vaporiser un agent colorant, pro-